

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-86319

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51) Int.Cl.⁶

G 11 B 7/135

識別記号

F I

G 11 B 7/135

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平9-243936

(22) 出願日 平成9年(1997)9月9日

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72) 発明者 荒井 則一

東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式会社内

(72) 発明者 山崎 敬之

東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式会社内

(72) 発明者 斎藤 真一郎

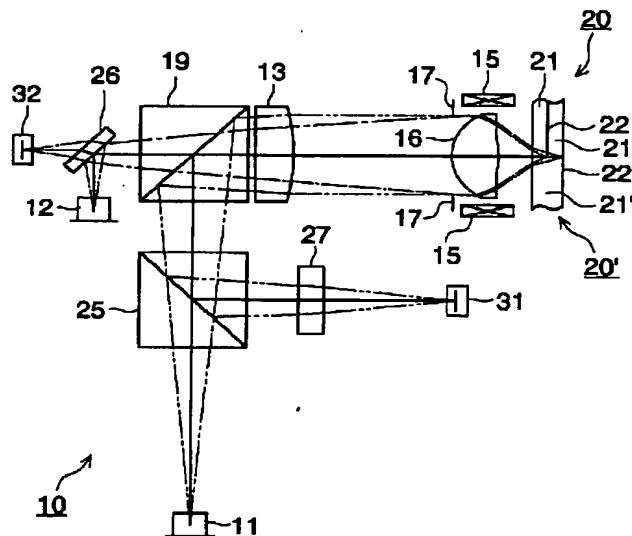
東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式会社内

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ装置

(57) 【要約】

【課題】 1つの集光光学系で透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体を記録/再生することができるとともに、高NA化に対応できる光ピックアップ装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 第1光情報記録媒体20を記録/再生する際における対物レンズ16の光情報記録媒体側から見た倍率 m_1 より、第2光情報記録媒体20'を記録/再生する際における対物レンズ16の光情報記録媒体側から見た倍率 m_2 の方を小さくする。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 対物レンズを含む集光光学系に、光源から出射した光束を、光軸に対して垂直な方向において少なくとも2つの領域に分割する機能を持たせることにより、

透明基板の厚さが t_1 の第1光情報記録媒体に対して、第1光源(波長 λ_1 (nm))から出射した光束を、前記集光光学系で透明基板を介して情報記録面に集光させ、第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生をするとともに、

透明基板の厚さが t_2 ($t_2 > t_1$)の第2光情報記録媒体に対して、第2光源(波長 λ_2 (nm))から出射した光束を、前記集光光学系で透明基板を介して情報記録面に集光させ、第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生をするようにした光ピックアップ装置において、

第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生時における前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率 m_1 より、第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生時における前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率 m_2 の方が、小さいことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項2】 前記集光光学系に、波面収差を不連続にして、光源から出射した光束を光軸に対して垂直な方向において少なくとも2つの領域に分割するために、光軸と略同心のレンズ面分割部を少なくとも1つ設け、

第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生時において、前記レンズ面分割部によって分割された領域のうち、前記レンズ面分割部より光軸側の第1領域及び前記レンズ面分割部より外側の第3領域を通過する光束によって、第1光情報記録媒体の情報記録面上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.05\lambda_1$ (rms)以下であり、

第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生時において、前記第1領域を通過する光束によって、第2光情報記録媒体の情報記録面上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.07\lambda_2$ (rms)以下であることを特徴とする請求項1に記載の光ピックアップ装置。

【請求項3】 光源からの光束を、対物レンズを含む集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光して、光情報記録媒体の情報の記録又は再生を行うように構成されており、かつ、透明基板の厚み及び記録密度が異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体の情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置において、

前記集光光学系に、波面収差を不連続にするために、レンズの光軸と略同心のレンズ面分割部を少なくとも1つ設けるとともに、

透明基板の厚さが t_1 の第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生時には、前記レンズ分割部より光軸側の第1領域及び前記レンズ面分割部より外側の第3領域を通過する光束によって情報記録面上に形成されるビームス

2
ットの波面収差が $0.05\lambda_1$ (rms)(但し、 λ_1 は第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生に使用する第1光源の波長(nm))以下となるように、前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率を m_1 として、第1光源からの光束を集光し、

記録密度が第1光情報記録媒体よりも低く透明基板の厚さが t_2 ($t_2 > t_1$)の第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生時には、前記第1領域を通過する光束によって情報記録面上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.07\lambda_2$ (rms)(但し、 λ_2 は第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生に使用する第2光源の波長(nm))以下となるように、前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率を m_2 として、第2光源からの光束を集光するようにしたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項4】 前記集光光学系に、レンズ面分割部を2つ設け、

第2光情報記録媒体の記録又は再生時に、前記第1領域及び2つのレンズ面分割部の間の第2領域を通過する光束を集光させ、情報記録面上にビームスポットを形成するようにしたことを特徴とする請求項2又は3に記載の光ピックアップ装置。

【請求項5】 前記集光光学系に、レンズ面分割部を2つ設け、

前記2つのレンズ面分割部の間の第2領域を、遮蔽構造としたことを特徴とする請求項2又は3に記載の光ピックアップ装置。

【請求項6】 前記倍率 m_2 は、第1光情報記録媒体の透明基板の厚さ t_1 と第2光情報記録媒体の透明基板の厚さ t_2 との差により生じる球面収差を補正する方向の倍率であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【請求項7】 前記集光光学系は、前記第1光源及び前記第2光源からの光束の発散度を変更する発散度変更光学素子を有し、

前記発散度変更光学素子と前記第2光源との距離が前記発散度変更光学素子と前記第1光源との距離より短くなるように、前記第1光源及び前記第2光源を配置することを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【請求項8】 前記第1光源は、前記第2光源を兼用することを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【請求項9】 前記集光光学系は、前記第1光源からの光束の発散度を変更する発散度変更光学素子を有し、第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生時における前記発散度変更光学素子と前記第1光源との距離より、第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生時における前記発散度変更光学素子と前記第1光源との距離の方を短くすることを特徴とする請求項8に記載の光ピックアップ

装置。

【請求項10】前記第1光源又は前記発散度変更光学素子を光軸方向に移動させることを特徴とする請求項9に記載の光ピックアップ装置。

【請求項11】前記倍率m1と前記倍率m2は、
 $-0.05 < m2 - m1 < -0.005$
 を満足することを特徴とする請求項1～10のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体を、1つの集光光学系で記録及び／又は再生（記録／再生）することができる光ピックアップ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、短波長赤色半導体レーザ実用化に伴い、従来の光情報記録媒体（光ディスクともいう）で*

光ディスク	透明基板の厚さ(mm)	必要開口数NA (光源波長 λ nm)
CD、CD-R(再生のみ)	1.20	0.45($\lambda=780$)
CD-R(記録、再生)	1.20	0.50($\lambda=780$)
LD	1.25	0.50($\lambda=780$)
MD	1.20	0.45($\lambda=780$)
MO(ISO3.52インチ230MB)	1.20	0.55($\lambda=780$)
MO(ISO3.52インチ640MB)	1.20	0.65($\lambda=680$)
DVD	0.60	0.60($\lambda=635$)

【0004】なお、CD-Rについては光源波長 $\lambda=780$ (nm) である必要があるが、他の光ディスクにおいては、表1に記載した光源波長以外の波長の光源を使用することができ、この場合、使用する光源波長 λ に応じて必要開口数NAがかわる。例えば、CDの場合は必要開口数NA = λ (μ m) / 1.73、DVDの場合は必要開口数NA = λ (μ m) / 1.06で近似される。

【0005】このように、市場にはサイズ、基板厚、記録密度、使用波長などが種々異なる様々な光ディスクが存在する時代となっており、様々な光ディスクに対応できる光ピックアップ装置が提案されている。

【0006】その1つとして、異なる光ディスクそれぞれに対応した集光光学系を備え、再生する光ディスクにより集光光学系を切り替える光ピックアップ装置が提案されている。しかしながら、この光ピックアップ装置では、集光光学系が複数必要となりコスト高を招くばかりでなく、集光光学系を切り替えるための駆動機構が必要となり装置が複雑化し、その切り替え精度も要求され、好ましくない。

【0007】そこで、1つの集光光学系を用いて、複数の光ディスクを再生する光ピックアップ装置が種々提案されている。

【0008】その1つとして、特開平9-184975

*あるCD（コンパクトディスク）と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光情報記録媒体であるDVD（デジタルレーベルディスク、あるいは、デジタルバーサタイルディスクともいう）の開発が進んできている。このDVDでは、635 nmの短波長半導体レーザを使用したときの対物レンズの光ディスク側の開口数NAを0.6としている。なお、DVDは、トラックピッチ0.74 μ m、最短ピット長0.4 μ mであり、CDのトラックピッチ1.6 μ m、最短ピット長0.83 μ mに対して半分以下に高密度化されている。また、上述したCD、DVDの他に、種々の規格の光ディスク、例えば、CD-R（追記型コンパクトディスク）、LD（レーザディスク）、MD（ミニディスク）、MO（光磁気ディスク）なども商品化されて普及している。表1に種々の光ディスクの透明基板の厚さと、必要開口数を示す。

【0003】

【表1】

号公報には、対物レンズに光軸と同心状のわずかながらの段差を設けるた光ピックアップ装置が提案されている。このピックアップ装置においては、光源から出射した光束を段差より光軸側の第1領域と外側の第3領域との2つの領域に分け、CDの記録／再生には第1領域を、DVDの記録／再生には第1領域及び第3領域を通過する光束によって行うことにより、1つの集光光学系を用いてDVDとCDの2つの光ディスクを記録／再生しようとするものである（以下、この集光光学系を2領域集光光学系といい、対物レンズに適用した場合この対物レンズを2領域対物レンズという）。

【0009】また、「International symposium on optical memory and optical data storage 1996」での講演番号OFA3-1では、対物レンズに光軸と同心状の遮蔽リングを設けた光ピックアップ装置が提案されている。このピックアップ装置においては、光源から出射した光束を遮蔽リングより光軸側の第1領域と、遮蔽リングによる遮蔽領域と、遮蔽リングより外側の第3領域との3つの領域に分け、CDの記録／再生には光軸近傍の第1領域を、DVDの記録／再生には第1領域及び第3領域を通過する光束によって行うことにより、1つの集光光学系を用いてDVDとCDの2

つの光ディスクを記録／再生しようとするものである
(以下、この集光光学系を遮蔽集光光学系といい、対物レンズに適用した場合この対物レンズを遮蔽対物レンズという)。

【0010】この2領域集光光学系や遮蔽集光光学系を搭載した光ピックアップ装置は、段差若しくは遮蔽リングにより波面収差(球面収差)を不連続にして、CDの記録／再生時においてDVDの透明基板の厚さとCDの透明基板の厚さの差により発生する球面収差が原因となるフレアの影響を減じようとするものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】これら光ピックアップ装置においては、短波長($\lambda = 635 \text{ nm}$)の1つの光源を用いているため、CDの再生時における必要開口数がNA=0.367程度と小さい開口数でよいため回折限界性能を満たすことができ、DVD及びCDを再生することができる。ここで、CDの代わりに、CD-Rに対応させるための2光源化しようとすると、CD-Rの再生時における必要開口数NA=0.45が必要となり、LDなどに対応させると同じく、高NA化が必要となる。

【0012】しかしながら、2領域集光光学系においては、高NA化に対応させるためには、設計基板厚を厚くして段差の位置を高NAの領域に移動する必要があるが、この場合、DVDを再生するときにスポット形状が悪化し、DVDを再生することができなくなる。また、遮蔽集光光学系においては、開口数NA=0.367で回折限界性能をかろうじて満足するので、これ以上遮蔽リングの位置を高NAの領域に移動させると回折限界性能を満たすことができず、再生できない。

【0013】そこで、本発明は、1つの集光光学系で透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体を記録／再生することができるとともに、高NA化に対応できる光ピックアップ装置を提供することを課題とする。

【0014】ところで、本発明者らは、このようなことを勘案して、特願平9-197076号において対物レンズを光軸と同心状に少なくとも2つの段差を設けた光ピックアップ装置を提案している。このピックアップ装置においては、光源から出射した光束を光軸近傍の第1領域と、第1領域より外側の第2領域と、第2領域より外側の第3領域との3つの領域に分け、第2光ディスクの記録／再生には光軸近傍の第1領域及び第2領域を、第1光ディスクの記録／再生には第1領域及び第3領域を通過する光束によって行うことにより、1つの集光光学系を用いて複数の光ディスクを記録／再生する(以下、この集光光学系を3領域集光光学系といい、対物レンズに適用した場合この対物レンズを3領域対物レンズという)。しかしながら、このような光ピックアップ装置において、高NAの第2光ディスクに対応させようとすると、第1光ディスクの記録／再生時における光量損

失が大きくなってしまうという問題が生じた。

【0015】そこで、本発明は、高NAの第2光ディスクに対応させても、第1光ディスクの記録／再生時をも良好に行うことを、さらなる課題とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

(1) 対物レンズを含む集光光学系に、光源から出射した光束を、光軸に対して垂直な方向において少なくとも2つの領域に分割する機能を持たせることにより、透明基板の厚さがt1の第1光情報記録媒体に対して、第1光源(波長 λ_1 (nm))から出射した光束を、前記集光光学系で透明基板を介して情報記録面に集光させ、第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生をするとともに、透明基板の厚さがt2($t_2 > t_1$)の第2光情報記録媒体に対して、第2光源(波長 λ_2 (nm))から出射した光束を、前記集光光学系で透明基板を介して情報記録面に集光させ、第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生をするようにした光ピックアップ装置において、第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生時における前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率m1より、第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生時における前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率m2の方が、小さいことを特徴とする光ピックアップ装置。

【0017】(2) 前記集光光学系に、波面収差を不連続にして、光源から出射した光束を光軸に対して垂直な方向において少なくとも2つの領域に分割するため、光軸と略同心のレンズ面分割部を少なくとも1つ設け、第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生時において、前記第1領域を通過する光束によって、第2光情報記録媒体の情報記録面上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.05\lambda_1$ (rms)以下であり、第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生時において、前記第1領域を通過する光束によって、第2光情報記録媒体の情報記録面上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.07\lambda_2$ (rms)以下であることを特徴とする(1)に記載の光ピックアップ装置。

【0018】(3) 光源からの光束を、対物レンズを含む集光光学系により光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光して、光情報記録媒体の情報の記録又は再生を行うように構成されており、かつ、透明基板の厚み及び記録密度が異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体の情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置において、前記集光光学系に、波面収差を不連続にするために、レンズの光軸と略同心のレンズ面分割部を少なくとも1つ設けるとともに、透明基板の厚さがt1の第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生時には、前記レンズ分割部より光軸側の第1領域及び前記レンズ面

分割部より外側の第3領域を通過する光束によって情報記録面上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.05\lambda_1$ (rms) (但し、 λ_1 は第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生に使用する第1光源の波長 (nm)) 以下となるように、前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率を m_1 として、第1光源からの光束を集光し、記録密度が第1光情報記録媒体よりも低く透明基板の厚さが t_2 ($t_2 > t_1$) の第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生時には、前記第1領域を通過する光束によって情報記録面上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.07\lambda_2$ (rms) (但し、 λ_2 は第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生に使用する第2光源の波長 (nm)) 以下となるように、前記対物レンズの光情報記録媒体側から見た倍率を m_2 として、第2光源からの光束を集光するようにしたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【0019】(4) 前記集光光学系に、レンズ面分割部を2つ設け、第2光情報記録媒体の記録又は再生時に、前記第1領域及び2つのレンズ面分割部の間の第2領域を通過する光束を集光させ、情報記録面上にビームスポットを形成するようにしたことを特徴とする(2)又は(3)に記載の光ピックアップ装置。

【0020】(5) 前記集光光学系に、レンズ面分割部を2つ設け、前記2つのレンズ面分割部の間の第2領域を、遮蔽構造としたことを特徴とする(2)又は(3)に記載の光ピックアップ装置。

【0021】(6) 前記倍率 m_2 は、第1光情報記録媒体の透明基板の厚さ t_1 と第2光情報記録媒体の透明基板の厚さ t_2 との差により生じる球面収差を補正する方向の倍率であることを特徴とする(1)～(5)のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【0022】(7) 前記集光光学系は、前記第1光源及び前記第2光源からの光束の発散度を変更する発散度変更光学素子を有し、前記発散度変更光学素子と前記第2光源との距離が前記発散度変更光学素子と前記第1光源との距離より短くなるように、前記第1光源及び前記第2光源を配置することを特徴とする(1)～(6)のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【0023】(8) 前記第1光源は、前記第2光源を兼用することを特徴とする(1)～(6)のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【0024】(9) 前記集光光学系は、前記第1光源からの光束の発散度を変更する発散度変更光学素子を有し、第1光情報記録媒体の情報の記録又は再生における前記発散度変更光学素子と前記第1光源との距離より、第2光情報記録媒体の情報の記録又は再生における前記発散度変更光学素子と前記第1光源との距離の方を短くすることを特徴とする(8)に記載の光ピックアップ装置。

【0025】(10) 前記第1光源又は前記発散度変

更光学素子を光軸方向に移動させることを特徴とする(9)に記載の光ピックアップ装置。

【0026】(11) 前記倍率 m_1 と前記倍率 m_2 は、 $-0.05 < m_2 - m_1 < -0.005$ を満足することを特徴とする(1)～(10)のいずれか1つに記載の光ピックアップ装置。

【0027】

【発明の実施の形態】まず、実施の形態を説明する前に、図1に基づき、光情報記録媒体(以下、光ディスク)について説明する。光ピックアップ装置10は、光情報記録媒体(以下、光ディスクともいう)20、20'として透明基板21、21'の厚さの異なる複数の光ディスク20、20'の情報記録面22、22'上に情報を記録又は情報記録面22、22'上の情報を再生(光ディスク20、20'の情報の記録又は再生、光ディスク20、20'の記録/再生ともいう)することができるものである。この複数の光ディスク20、20'として、透明基板21の厚さ t_1 の第1光ディスク20と、第1光ディスクの透明基板21の厚さ t_1 とは異なる厚さ t_2 の第2光ディスク20'として説明する。また、第1光ディスク20を記録/再生するために必要な集光光学系(後述する)の光ディスク側の必要開口数をNA1とし、第2光ディスク20'を記録/再生するために必要な集光光学系の光ディスク側の必要開口数をNA2とする(以下の説明では、第1光ディスク20は、第2光ディスク20'より高密度の情報記録媒体であるので、NA1>NA2である)。

【0028】なお、以下の説明中で、DVD(含DVD-RAM)とは第1光ディスク20を指しており、この場合、透明基板の厚さ $t_1 = 0.6\text{ mm}$ であり(DVDには片面タイプと両面タイプがあるが、両者とも情報記録面の両側に厚さ t_1 の透明基板が張り合わせられているので、DVD自体は厚さ 1.2 mm である)、CD(含CD-Rであるが、LD、MD、MOなどでもよい)とは第2光ディスク20'を指しており、この場合、 $t_2 = 1.2\text{ mm}$ (但し、LDの場合 $t_2 = 1.25\text{ mm}$ である)であり、 $t_1 < t_2$ である。

【0029】まず、光ピックアップ装置10の概略について説明する。図1は光ピックアップ装置10の概略構成図である。なお、図1においては、光軸を境として上側に第1光ディスク20としてDVDを、下側に第2光ディスク20'としてCDを表している。また、光ピックアップ装置10においては、光ディスク20、20'は、対物レンズ16(後段において詳述する)と情報記録面22、22'との間に透明基板21が存在するよう、トレイ(図示せず)に載せられる。

【0030】本実施の形態の光ピックアップ装置10では、光源として第1光源である第1半導体レーザ11(波長 $\lambda_1 = 635\text{ nm}$)と第2光源である第2半導体レーザ12(波長 $\lambda_2 = 780\text{ nm}$)とを有している。

なお、第1半導体レーザ11としては610nm～670nmの間の発信波長をを有するものが、第2半導体レーザ12としては740nm～870nmの間の発信波長を有するものが使用できる。この第1半導体レーザ11は第1光ディスク20の記録／再生する際に使用される光源であり、第2半導体レーザ12は第2光ディスク20'の記録／再生する際に使用される光源である。なお、この第1半導体レーザ11と第2半導体レーザ12との配置について、後段において詳述する。また、図1においては、第1半導体レーザ11から出射した光束のうち絞り17（後述）で絞られた最外光線を2点鎖線で、第2半導体レーザ12から出射した光束のうち絞り17で絞られた最外光線を1点鎖線で示している。

【0031】合成手段としてのダイクロイックプリズム19は、第1半導体レーザ11から出射された光束と第2半導体レーザ12から出射された光束とを合成することが可能な手段である。このダイクロイックプリズム19は、第1半導体レーザ11から出射された光束、あるいは、第2半導体レーザ12から出射された光束を、後述する1つの集光光学系を介して、それぞれ第1光ディスク20あるいは第2光ディスク20'に集光させるために、光軸上での光路を同一（ほぼ同一でもよい）となす手段である。また、このダイクロイックプリズム19は、第1半導体レーザ11から出射し第1光ディスク20の情報記録面から反射した光束と、第2半導体レーザ12から出射し第2光ディスク20'の情報記録面から反射した光束とを、それぞれ、後述する第1光検出手段31、第2光検出手段32へと導く手段である。なお、本実施の形態においては、第1光ディスク20と第2光ディスク20'を排他的に記録／再生するためには、ダイクロイックプリズム19によって第1半導体レーザ11から出射された光束と第2半導体レーザ12から出射された光束とが実際に合成されることはない。

【0032】集光光学系は、光源（第1半導体レーザ11あるいは第2半導体レーザ12）から出射された光束を、光ディスク20、20'の透明基板21、21'を介して、情報記録面22、22'上に集光させ、スポットを形成させる手段である。この集光光学系は、第1半導体レーザ11及び第2半導体レーザ12から出射された光束の発散度を変更する発散度変更光学素子であるカップリングレンズ13と、カップリングレンズ13により発散度が変更された光束を光ディスク20の情報記録面22上に集光させる対物光学素子である対物レンズ16とを有している。より詳細には、本実施の形態では、カップリングレンズ13としては、第1半導体レーザ11から出射された光束に対しては平行光（略平行でもよい）に変換するコリメータレンズを用いている。

【0033】本実施の形態では、このように、1つの集光光学系を用いて複数の光ディスクの記録／再生を行わせるので、光ピックアップ装置10を低コストかつ簡単

な構造で実現させることができる。

【0034】なお、第1半導体レーザ11から出射された光束に対して、本実施の形態では、集光光学系としてカップリングレンズ13（コリメータレンズ）と対物レンズ16とを用いた、所謂無限系の集光光学系であるが、カップリングレンズ13がなく光源からの発散光を直接集光させる対物レンズ16のみ、所謂有限系の集光光学系であってもよい。さらに、集光光学系として、カップリングレンズ13により第1半導体レーザ11から出射された光束を平行光に発散度を変換するのではなく、第1半導体レーザ11からの発散光の発散度合を減じるカップリングレンズ又は第1半導体レーザ11からの光束を收れん光に変更するカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を集光させる対物レンズとを有する、いわゆる準有限系の集光光学系であってもよい。

【0035】また、集光光学系内には、光束を開口数NA1に相当する開口数に制限する絞り17が設けられている。本実施の形態において絞り17は、第1半導体レーザ11から出射した光束を開口数NA1に相当する開口数に制限するよう開口数を固定している。すなわち、第2光ディスク20'の記録／再生時であっても絞り17によって制限される開口数はNA1に相当する開口数であり、このため、絞り17の開口数を可変とする余分な機構を必要とせず、低コスト化を実現できる。しかしながら、第2光ディスク20'の記録／再生時には第2半導体レーザ12から出射される光束を開口数NA2に相当する開口数に制限するよう、絞り17の開口数を可変としてもよい。

【0036】変更手段であるビームスプリッタ25、26は、情報記録面上から反射した光束の光路を、光源（それぞれ第1半導体レーザ11、第2半導体レーザ12）から出射した光束の光路とは異なる光路に変更する手段である。すなわち、ビームスプリッタ25、26は、ビームスプリッタ25、26と光ディスクとの間で、光源（第1半導体レーザ11、第2半導体レーザ12）から出射した光束の光路と光ディスクの情報記録面上から反射した光束の光路とを同じにさせる手段である。ビームスプリッタ25は、第1半導体レーザ11から出射した光束の光路は変更せずに、第1光ディスク20の情報記録面22上から反射した光束の光路を後述する光検出手段31へと導くように変更している。また、ビームスプリッタ26は平行平面板（ハーフミラー）で構成し、第2半導体レーザ12から出射した光束の光路は第2光ディスク20'へ導くように変更し、第2光ディスク20'の情報記録面22'上から反射した光束の光路を変更せずに後述する光検出手段32へと導く。なお、このビームスプリッタ25、26においては、変更する光路を本実施の形態のようにするのではなく、いずれか一方を変更あるいは両方を変更してもよい。

40 50

【0037】ビームスプリッタ25、26は、情報記録面上から反射した光束の光路を、光源（第1半導体レーザ11、第2半導体レーザ12）から出射した光束の光路とは異なる光路に変更する手段である。すなわち、ビームスプリッタ25、26は、ビームスプリッタ25、26と光ディスクとの間で、光源（第1半導体レーザ11、第2半導体レーザ12）から出射した光束の光路と光ディスクの情報記録面上から反射した光束の光路とを同じにさせる手段である。ビームスプリッタ25は、第1半導体レーザ11から出射した光束の光路は変更せずに、第1光ディスク20の情報記録面22上から反射した光束の光路を後述する光検出手段31へと導くように変更している。また、ビームスプリッタ26は平行平面板（ハーフミラー）で構成し、第2半導体レーザ12から出射した光束の光路は第2光ディスク20'へ導くように変更し、第2光ディスク20'の情報記録面22'上から反射した光束の光路を変更せずに後述する光検出手段32へと導く。なお、このビームスプリッタ25、26においては、変更する光路を本実施の形態のようにするのではなく、いずれか一方を変更あるいは両方を変更してもよい。

【0037】光検出手段31、32は、それぞれ、ビームスプリッタ25、26を介して、光ディスク20、20'の情報記録面22、22'上から反射した光束を検出手段である。この光検出手段31、32により、情報記録面22、22'上から反射した光束の光量分布変化を検出して、図示しない演算回路によってフォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号、再生信号（情報）の読み取りがなされる。

【0038】なお、本実施の形態では、フォーカスエラー信号は非点収差法を用いて行うために、光検出手段31、32の前に、非点収差発生素子（本実施の形態では、非点収差発生素子27はシリンドリカルレンズで構成し、また、ビームスプリッタ26が非点収差発生素子を兼用している）を配置しているが、フォーカスエラー信号は、非点収差法ではなく、ナイフエッジ法（含、フーコー法）、位相差検出（D P D）法、スポットサイズディテクション（S S D）法、など種々の公知の方法により検出することができる。また、トラッキングエラー信号の検出に関しても、3ビーム法、位相差検出（D P D）法、プッシュブル法、ウォブリング法など種々の公知の方法により検出することができる。

【0039】2次元アクチュエータ15は、対物レンズ16を移動させる手段であり、上述の演算回路により得られたフォーカスエラー信号に基づいて対物レンズ16を所定の位置に移動（合焦追隨）させるフォーカシング制御用と、トラックエラー信号に基づいて対物レンズ16を所定の位置に移動（トラック追隨）させるトラッキング制御用とがある。

【0040】次に、このような、光ピックアップ装置10において、第1光ディスク20を記録／再生する場合について概略を説明する。

【0041】第1半導体レーザ11から出射した光束（図1において2点鎖線で示す）は、ビームスプリッタ25を透過して、ダイクロイックプリズム19によって光路を集光光学系の方へ曲げられ、集光光学系に入射する。第1半導体レーザ11から出射し集光光学系に入射した光束は、カップリングレンズ13によって、その発散度を変更され、すなわち、本実施の形態では平行光束に変更される。カップリングレンズ13によって平行に発散度が変更された光束は、絞り17によって絞られ、対物レンズ16によって第1光ディスク20の透明基板21を介して情報記録面22上に集光される。そして、第1光ディスク20に記録する場合は、この集光されたビームスポットによって記録がなされる。

【0042】そして、情報記録面22で反射した光束は、再び集光光学系（対物レンズ16、カップリングレンズ13）を透過して、ダイクロイックプリズム19、ビームスプリッタ25で光路が変更され、シリンドリカルレンズ27によって非点収差が付与され、光検出手段31に入射する。そして、第1光ディスク20を再生す

る場合は、光検出手段31から出力される信号を用いて第1光ディスク20に記録された情報の再生信号が得られる。また、光検出手段31上でのスポット形状変化による光量分布変化を検出して、フォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号を得る。第1半導体レーザ11から出射した光束が第1光ディスク20の情報記録面22上に結像するように、得られたフォーカスエラー信号に基づいて、2次元アクチュエータ（フォーカシング制御用）15によって対物レンズ16を移動させる。また、第1半導体レーザ11から出射した光束が第1光ディスク20の所定のトラックに結像するように、得られたトラッキングエラー信号に基づいて、2次元アクチュエータ（トラッキング制御用）15によって対物レンズ16を移動させる。

【0043】このようにして、第1光ディスク20の情報記録面22上に情報を記録又は第1光ディスク20の情報記録面22上の情報を再生する。

【0044】同様に、第2光ディスク20'を記録／再生する場合は、第2半導体レーザ12から出射した光束（図1において1点鎖線で示す）は、平行平面板26によって光路を曲げられ、ダイクロイックプリズム19、カップリングレンズ13、（絞り17によって絞られ）、対物レンズ16を透過して、第2光ディスク20'の透明基板21'を介して情報記録面22'上に集光される。そして、情報記録面22'で反射した光束は、再び集光光学系（対物レンズ16、カップリングレンズ13）、ダイクロイックプリズム19を透過して、平行平面板26によって非点収差が付与され、光検出手段32に入射する。そして、光検出手段32から出力される信号を用いて、再生信号、フォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号を得る。第2半導体レーザ12から出射した光束が第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像するように、得られたフォーカスエラー信号に基づいて、2次元アクチュエータ（フォーカシング制御用）15によって対物レンズ16を移動させる。また、第2半導体レーザ12から出射した光束が第2光ディスクの所定のトラックに結像するように、得られたトラッキングエラー信号に基づいて、2次元アクチュエータ（トラッキング制御用）15によって対物レンズ16を移動させる。

【0045】このようにして、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に情報を記録又は第2光ディスク20'の情報記録面22'上の情報を再生する。なお、図においては、対物レンズ16の光ディスク側の屈折面S2と光ディスク表面との間隔（所謂、ワーキングディスタンス）を第1光ディスク20と第2光ディスク20'とともに同じ距離として記載せいでいるが、後述する実施例からも明らかなように、第1光ディスク20と第2光ディスク20'ではその距離が異なり、これは2次元アクチュエータ（フォーカシング制御用）15によって移

動させられる。したがって、2次元アクチュエータ（フォーカシング制御用）15は、両光ディスクのフォーカシングを行えるような作動距離を有するものを使用する。

【0046】次に、集光光学系について説明する。集光光学系は、光源11、12から出射した光束を、光軸に対して垂直な方向に少なくとも2つの領域に分割するよう構成している（後段において具体例でもって詳述する）。そのため、集光光学系に、光軸と略同心状のレンズ面分割部を設け、これにより波面収差を不連続（離れるだけでなく、屈曲などでもよい）にしている。このように、波面収差を不連続に設けることにより、開口制限効果（絞り効果）が得られ、第1光ディスク20の記録／再生時と第2光ディスク20'の記録／再生時と、絞り17により制限する開口数を変える必要がなく、低コスト化を実現できる。

【0047】ここで、以下の説明において、このレンズ面分割部を1つ設けた場合（2領域集光光学系）においてはレンズ面分割部より光軸側を第1領域、外側を第3領域とし、このレンズ面分割部に相当する集光光学系の光ディスク側の開口数をNA3とする。また、レンズ面分割部を2つ設けた場合においては、光軸側のレンズ面分割部より光軸側を第1領域、2つのレンズ面分割部の間を第2領域、外側のレンズ面分割部より外側の領域を第3領域とし、この2つのレンズ面分割部のうち光軸側のレンズ分割部に相当する集光光学系の光ディスク側の開口数をNA3とし、外側のレンズ分割部に相当する集光光学系の光ディスク側の開口数をNA4とする。なお、レンズ面分割部を2つ設けた場合においては、第2領域を遮蔽構造（光源からの光を吸収、散乱、反射などをさせて遮蔽（要は、この部分に対応する光束が光検出器32に達しないように）する構造）としてもよい（この場合が遮蔽集光光学系であり、遮蔽構造としない場合が3領域集光光学系である）。

【0048】このような集光光学系は、第1光ディスク20の記録／再生時には第1領域及び第3領域の光束を利用し、第2光ディスク20'の記録／再生時には第1領域の光束を（3領域集光光学系においては、第2領域の光束も）利用する。したがって、レンズ面分割部より光軸側の第1領域の光束を、第1光ディスク20の記録／再生だけでなく第2光ディスク20'の記録／再生にも利用している。

【0049】ところが、このような波面収差（球面収差）を不連続にした2領域集光光学系及び遮蔽集光光学系においては、高NAを必要とする第2光ディスクに対応できなくなる。これは、第1光ディスク20の記録／再生時における対物レンズ16の第1光ディスク側から見た倍率m1のままで、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像させると、透明基板の厚さt1、t2の差により大きく球面収差が発生する。そのために、

第2光ディスク20'を記録／再生する際に利用する第1領域の光束の上限、すなわち、開口数NA3が小さくならざるを得ない。したがって、この2領域集光光学系及び遮蔽集光光学系を用いた場合、高NAの第2光ディスクに対応できない。また、3領域集光光学系においても、高NAの第2光ディスクに対応した場合、第1光ディスクの記録／再生時の光量が大きく低下してしまう。

【0050】そこで、本実施の形態では、第1光ディスク20の記録／再生時における対物レンズ16の第1光ディスク20側から見た倍率m1（本実施の形態では無限系なのでm1=0である）より、第2光ディスク20'の記録／再生時における対物レンズ16の第2光ディスク20'側から見た倍率m2の方を小さくする。すなわち、対物レンズ16に入射する光束の発散度を、第1光ディスク20の記録／再生時と第2光ディスク20'の記録／再生時とで変えることにより、集光特性で重要な波面収差の球面収差成分を変え、高NA化に対応させる。さらに詳細に言えば、倍率m2は、第1光ディスク20の透明基板21の厚さt1と第2光ディスク20'の透明基板21'の厚さt2との差により生じる（オーバーの）球面収差（倍率m1で厚さt2の透明基板21'を介したときに生じる球面収差）を補正する方向に設定する（換言すると、負の球面収差を発生させる）。

【0051】これにより、第2光ディスク20'の記録／再生時に発生する球面収差が補正され、第2光ディスク20'を記録／再生する際に、集光させる第1光束の上限、すなわち、開口数NA3を大きくすることができ、高NA化に対応させることができる。

【0052】具体的には、本実施の形態では、カップリングレンズ13は第1光ディスク20の記録／再生時と第2光ディスク20'の記録／再生時とで位置を変えず、第2半導体レーザ12の位置がカップリングレンズ13に近づくように第2半導体レーザ12を配置している。このように、本実施の形態では、第2半導体レーザ12が第1半導体レーザ11よりカップリングレンズ13に近づいた位置に配置しているので、倍率m1より倍率m2の方を小さくすることができ、高NA化に対応できる。

【0053】なお、本実施の形態では、第1、第2半導体レーザ11、12の位置を異らせることにより、第1、2半導体レーザ11、12を固定配置することができ、移動手段など要らず、低コスト化を実現できるが、第1光ディスク20の記録／再生時と第2光ディスク20'の記録／再生時とでカップリングレンズ13の位置を変えてよく（この場合、第2光ディスクの記録／再生時の方が、光源に近づくように移動させる）、要は第1半導体レーザ11とカップリングレンズ13との光軸方向における距離より、第2半導体レーザ12とカップリングレンズ13との光軸方向における距離を短くなる

ようによればよい。

【0054】ここで、この倍率 m_1 と倍率 m_2 との差である $m_2 - m_1$ は、

$$-0.05 < m_2 - m_1 < -0.005$$

を満足することが好ましく、

$$-0.04 < m_2 - m_1 < -0.01$$

を満足することが更に好ましい。

【0055】この下限を越えると、すなわち、倍率 m_1 と倍率 m_2 との差が大きくなれば、正弦条件が大幅に変化してしまうため、軸外特性が悪化し、光ピックアップ装置の組立に際して高精度が要求される。また、この上限を越えると、すなわち、倍率 m_1 と倍率 m_2 との差が小さくなれば、高NA化に対応することが難しくなる。

【0056】ところで、このように構成した集光光学系において、第1光ディスク20の記録／再生時には、第1領域及び第3領域の光束によって情報記録面22上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.05\lambda_1$ (rms) 以下となるようにすることにより、第1光ディスク20の記録／再生を良好に行うことができる。さらに、第2光ディスク20'の記録／再生時には、第1領域の光束によって情報記録面22'上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.07\lambda_2$ (rms) 以下となるようにすることにより、第2光ディスク20'の記録／再生を良好に行うことができる。

【0057】さらに、本実施の形態では、レンズ面分割部で波面収差を飛ばし（不連続にし）て、開口制限効果をも持たせているので、この効果を生かすためにも、倍率 m_2 を設定するに際し、球面収差を完全に補正せずに、球面収差を残留させるようにする。このため、第2光ディスク20'の記録／再生時には、第1領域の光束によって情報記録面22'上に形成されるビームスポットの波面収差が、 $0.025\lambda_2$ (rms) 以上となるようによればよい。

【0058】次に、この集光光学系の具体的な例について、3領域集光光学系、遮蔽集光光学系及び2領域集光光学系で説明する。なお、集光光学系はカップリングレンズ13と対物レンズ16とからなり、カップリングレンズ13は第1光ディスク20の記録／再生時にコリメータレンズとして作用するが、これに限られず、また、対物レンズ16の2つの屈折面S1、S2のうち、光源側の屈折面S1にレンズ面分割部を設けたが、これに限られず、屈折面S2に設けてもよく、さらには、カップリングレンズ13あるいは別体の光学素子にもうけてよい。また、本例では、第2分割面Sd2を光軸と同心状の環（円）形状で設けたが、これに限られず、同心状の梢円形状、又は、途切れた環状で設けてもよい。

【0059】また、いずれの集光光学系においても第1領域を複数に分割してもよい。また、遮蔽集光光学系及び3領域集光光学系においては、第1光ディスクの記録／再生時の光量の更なる向上のために、第2領域を複数

に分割して、その一部を第1光ディスクの記録／再生に利用する面を設けててもよい。

【0060】（3領域集光光学系）3領域集光光学系による光ディスクの記録／再生時における模式図及び球面収差図である図2に基づいて説明する。図2（a）は第1光ディスク20の記録／再生時における対物レンズ16を通過する光束が第1光ディスク20に結像する様を模式的に示した図であり、図2（b）は第1光ディスク20の情報記録面22上における球面収差図であり、図2（c）は第2光ディスク20'の記録／再生時における対物レンズ16を通過する光束が第2光ディスク20'に結像する様を模式的に示した図であり、図2（d）は第2光ディスク20'の情報記録面22'上における球面収差図である。なお、図2（d）において破線で示した球面収差は、第1光ディスク20の記録／再生時の倍率 m_1 で、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像させたときの球面収差を表している。

【0061】本例において、対物レンズ16は、光源側の屈折面S1及び光ディスク側の屈折面S2（最終屈折面）を共に非球面形状を呈した正の屈折力を有した凸レンズである。対物レンズ16の屈折面S1を、光軸と略同心状に3つの第1分割面Sd1～第3分割面Sd3

（上述における第1領域～第3領域に相当）により構成し、各分割面Sd1～Sd3の境界は段差を設けている。この段差がレンズ面分割部であり、開口数NA3、NA4に相当する位置に設けられ、この部分において波面収差が不連続となる。

【0062】図2（a）、（b）に示すように、対物レンズ16は、第1光ディスク20の記録／再生をする際には、倍率 $m_1 = 0$ であるので平行光束が対物レンズ16に入射する。そして、第1分割面Sd1及び第3分割面Sd3を通過する第1光束及び第3光束は、第1光ディスクの情報記録面22上に結像する。このとき、第1光束及び第3光束によって情報記録面22上に形成されるビームスポットの波面収差が $0.05\lambda_1$ (rms) 以下となる。一方、第2分割面Sd2を通過する第2光束（破線で示される光束）は、第1光ディスク20の情報記録面22上よりアンダー側に結像する。したがって、第1光ディスクの記録／再生時には、第1光束及び第3光束が第1光ディスクの情報記録面22上に集光し、第1光ディスク20の記録／再生が行われる。

【0063】この対物レンズ16を、第1光ディスク20の記録／再生時の倍率 m_1 で、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像させると、図2（d）において破線で示すように、透明基板の厚さ t_1 、 t_2 の差により大きく球面収差が発生する。本実施の形態では、第2光ディスク20'の記録／再生時の倍率 m_2 を、 m_1 より小さくすることで、この大きく発生した球面収差を、図2（d）において実線で示すように、補正させるものである。

【0064】したがって、第2光ディスク20'の記録／再生をする際には(図2(c)(d)参照)、倍率m2 < m1であるので発散光束が対物レンズ16に入射する。そして、第1光束(右肩上がりの斜線で示す)及び第2光束(右肩下がりの斜線で示す)は、第2光ディスク20'の情報記録面22'上にほぼ結像する。このとき、第1光束によって情報記録面22'上に形成されるビームスポットの波面収差が0.07λ2(rms)以下となる。一方、第3光束(途中まで破線で示される)はフレアとして発生する。そのため、第2光ディスク20'の情報記録面22'上では、主に第1、2光束によって核が形成され、その周囲に第3光束によるフレアが発生したビームスポット形状となり、この核によって第2光ディスク20'の記録／再生が行われる。

【0065】このように、3領域対物レンズ16は、開口数NA3と開口数NA4との間(すなわち、第2分割面Sd2)を第2光ディスク20'の記録／再生のために用いることができるので、この部分の波面収差を最適化することで、第2光ディスク20'の記録／再生において第1光束の波面収差を小さく維持しながら、高NA化することができる。

【0066】なお、この3領域対物レンズ16においては、

$$0.7NA2 < NA3 < 1.05NA2$$

の条件を満足することが好ましい。この下限を越えると、開口数NA2に依存するが第1光ディスク20の記録／再生時において光量不足が生じる。また、上限を越えると、必要以上にスポット径が絞られてしまい、また、倍率m1と倍率m2との差が大きくなり正弦条件が大幅に変化してしまうため、軸外特性が悪化し、光ピックアップ装置10の組立精度が要求される。

【0067】さらに、

$$0.04 < (NA4^2 - NA3^2) / NA1^2 < 0.4$$

の条件を満足することが好ましい。この下限を越えると、第2光ディスク20'の記録／再生時において第2光束による高NA化の効果が少なくなる。すなわち、他の集光光学系(後段において詳述する2領域集光光学系や遮蔽集光光学系)に比して本来最も高NA化に対応できる3領域集光光学系でありながら、この下限を越えると、段差部の成形(金型の加工)によりだれが生じるために、後段で説明する2領域対物レンズ16(集光光学系)との差異がなくなってしまう。また、上限を越えると、第1光ディスクの記録／再生時において光量不足が生じる。

【0068】さらに、3領域対物レンズ16において、第2光ディスク20'の記録／再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3(1)と、開口数NA4の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA4(3)と差δとすると(図2(d)参照)、

$$0.002\text{mm} < \delta < 0.020\text{mm}$$

の条件を満たすことが好ましい。この下限を越えると、第2光ディスク20'の記録／再生時においてスポットのサイドロープが増え、フォーカスエラー信号に非対称性がでるなどの問題が生じる。また、上限を越えると、第1光ディスク20の記録／再生時と第2光ディスク20'の記録／再生時とでバランスをとることができず、良好に行うことことができない。なお、この下限を越えた場合であっても、第2光ディスク20'の記録／再生時に10においてトランシーバーに際し対物レンズ16と一緒に動く開口制限が行われれば、フォーカスエラー信号の非対称性は改善されるので、この下限はなくてもよい。

【0069】なお、この差δは、第2光ディスク20'の記録／再生時に生じるスポットの核とフレアとの距離に応じたものであるので、個々の領域(各光束)の境界部分に着目し、干渉縞を観察しながらデフォーカスを変えながら、マイクロメータで測定する。

【0070】なお、本例では、第1分割面Sd1～第3分割面Sd3の境界に各々に段差を設けたが、一方の境界のみに段差を設けてもよく、さらに、段差ではなく、所定の曲率半径の面で接続させてもよい。要するに、レンズ面分割部において、波面収差を不連続(屈曲などでもよいが、離す(飛ぶ)ことが好ましい)とすればよい。

【0071】また、本例では、対物レンズ16の第2分割面Sd2を非球面形状としたが、ホログラム(あるいはフレネル)で構成してもよい。なお、第2分割面Sd2をホログラムで構成した場合、0次光と1次光とに分けた光束の一方を第1光ディスクの記録／再生に利用し、他方を第2光ディスクの記録／再生に利用する。このとき、第2光ディスクの記録／再生に利用する光束の光量の方が、第1光ディスクの記録／再生に利用する光束の光量より大きいことが好ましい。

【0072】また、本例においては、第2分割面Sd2に球面収差を与えるように構成したが、これに代えあるいはこれに加え、位相に差を設ける、すなわち、第2分割面Sd2を通過する光束の位相を、第1分割面Sd1と第3分割面Sd3を通過する光束の位相とずらすようにしてもよい。

【0073】また、本例においては、第1分割面Sd1と第3分割面Sd3と同じ非球面形状で構成しているが、この第1分割面Sd1と第3分割面Sd3とに位相差を設けて、第1光ディスク20の記録／再生時におけるスポットのピーク強度をコントロールしてもよい。

【0074】(遮蔽集光光学系)遮蔽集光光学系による光ディスクの記録／再生時における模式図及び球面収差図である図3に基づいて説明する。図3(a)は第1光ディスク20の記録／再生時における対物レンズ16を通過する光束が第1光ディスク20に結像する様を模式的に示した図であり、図3(b)は第1光ディスク20

の情報記録面22上における球面収差図であり、図3 (c) は第2光ディスク20'の記録/再生時における対物レンズ16を通過する光束が第2光ディスク20'に結像する様を模式的に示した図であり、図3 (d) は第2光ディスク20'の情報記録面22'上における球面収差図である。なお、図3 (d) において破線で示した球面収差は、第1光ディスク20の記録/再生時の倍率m1で、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像させたときの球面収差を表している。

【0075】本例において、対物レンズ16は、光源側の屈折面S1及び光ディスク側の屈折面S2(最終屈折面)と共に非球面形状を呈した正の屈折力を有した凸レンズである。この対物レンズ16の屈折面S1に、光源からの光を吸収する物質を光軸と略同心状に蒸着して遮蔽構造SHを設けている。この遮蔽構造SHを設けることにより、対物レンズ16の屈折面S1を、光源からの光を透過する第1分割面Sd1、第3分割面Sd3及び光源からの光を遮蔽する第2分割面Sd2の3つの分割面により構成する(それぞれ上述した第1領域、第3領域、第2領域に相当)。各分割面Sd1～Sd3の境界がレンズ面分割部であり、開口数NA3、NA4に相当する位置に設けられ、この開口数NA3～開口数NA4の間の波面収差が飛び、不連続となる。

【0076】図3 (a)、(b) に示すように、対物レンズ16は、第1光ディスク20の記録/再生をする際には、倍率m1=0であるので平行光束が対物レンズ16に入射する。そして、第1分割面Sd1及び第3分割面Sd3を通過する第1光束及び第3光束は、第1光ディスクの情報記録面22上に結像する。このとき、第1光束及び第3光束によって情報記録面22上に形成されるビームスポットの波面収差が0.05λ1 (rms) 以下となる。一方、第2分割面Sd2に達する光束、すなわち、第2光束は遮蔽構造SHにより、透過せずに吸収される。したがって、第1光ディスクの記録/再生時には、第1光束及び第3光束が第1光ディスクの情報記録面22上に集光し、第1光ディスク20の記録/再生が行われる。

【0077】この対物レンズ16を、第1光ディスク20の記録/再生時の倍率m1で、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像させると、図3 (d) において破線で示すように、透明基板の厚さt1、t2の差により大きく球面収差が発生する。本実施の形態では、第2光ディスク20'の記録/再生時の倍率m2を、m1より小さくすることで、この大きく発生した球面収差を、図3 (d) において実線で示すように、補正せるものである。

【0078】したがって、第2光ディスク20'の記録/再生をする際には(図3 (c) (d) 参照)、倍率m2<m1であるので発散光束が対物レンズ16に入射する。そして、第1光束(斜線で示す)は、第2光ディス

ク20'の情報記録面22'上にほぼ結像する。このとき、第1光束によって情報記録面22'上に形成されるビームスポットの波面収差が0.07λ2 (rms) 以下となる。一方、第3光束(途中まで破線で示される)はフレアとして発生し、第2分割面Sd2に達する光束、すなわち、第2光束は遮蔽構造SHにより、透過せずに吸収される。そのため、第2光ディスク20'の情報記録面22'上では、第1光束によって核が形成され、その周囲に第3光束によるフレアが発生したビームスポット形状となり、この核によって第2光ディスク20'の記録/再生が行われる。

【0079】このように、遮蔽対物レンズ16は、開口数NA3と開口数NA4との間(すなわち、第2分割面Sd2)に遮蔽構造SHを設けたので、第2光ディスク20'の記録/再生の際には、この部分(第2領域)の球面収差(波面収差)が飛び、不連続となり、フレアの影響を減ずることができる。また、m2<m1としているので、第2光ディスク20'の記録/再生時に透明基板の厚さt1とt2の差により生じる球面収差を少なくすることができ、高NA化することができる。

【0080】なお、この遮蔽対物レンズ16においては、開口数NA3の位置の境界が、開口制限の役割を果たしており、

$$0.9NA2 < NA3 < 1.2NA2$$

の条件を満足することが好ましい。この下限を越えると、第2光ディスク20'の記録/再生時にスポット径を絞ることができない。また、上限を越えると、必要以上にスポット径が絞られてしまい、また、倍率m1と倍率m2との差が大きくなり正弦条件が大幅に変化してしまって、軸外特性が悪化し、光ピックアップ装置10の組立精度が要求される。

【0081】さらに、遮蔽対物レンズ16において、第2光ディスク20'の記録/再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3(1)と、開口数NA4の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA4(3)と差δとすると(図3 (d) 参照)、

$$0.002\text{mm} < \delta < 0.020\text{mm}$$

の条件を満たすことが好ましい。この下限を越えると、第2光ディスク20'の記録/再生時においてスポットのサイドローブが増え、フォーカスエラー信号に非対称性がでるなどの問題が生じる。また、上限を越えると、第1光ディスク20の記録/再生時と第2光ディスク20'の記録/再生時とでバランスをとることができず、良好に行うことができない。なお、この下限を越えた場合であっても、第2光ディスク20'の記録/再生時においてトランクリングに際し対物レンズ16と一緒に動く開口制限が行われれば、フォーカスエラー信号の非対称性は改善されるので、この下限はなくてもよい。なお、この差δの測定に関しては上述した3領域集光光学系と

同じであるので省略する。

【0082】(2領域集光光学系) 2領域集光光学系による光ディスクの記録/再生時における模式図及び球面収差図である図4に基づいて説明する。図4(a)は第1光ディスク20の記録/再生時における対物レンズ16を通過する光束が第1光ディスク20に結像する様を模式的に示した図であり、図4(b)は第1光ディスク20の情報記録面22上における球面収差図であり、図4(c)は第2光ディスク20'の記録/再生時における対物レンズ16を通過する光束が第2光ディスク20'に結像する様を模式的に示した図であり、図4(d)は第2光ディスク20'の情報記録面22'上における球面収差図である。なお、図4(d)において破線で示した球面収差は、第1光ディスク20の記録/再生時の倍率m1で、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像させたときの球面収差を表している。

【0083】本例において、対物レンズ16は、光源側の屈折面S1及び光ディスク側の屈折面S2(最終屈折面)と共に非球面形状を呈した正の屈折力を有した凸レンズである。対物レンズ16の屈折面S1を、光軸と略同心状に2つの第1分割面Sd1、第3分割面Sd3により構成し(上述した第1領域、第3領域に相当)、各分割面Sd1、Sd3の境界は段差を設けている。この段差がレンズ面分割部であり、開口数NA3に相当する位置に設けられ、この部分において波面収差が不連続となる。

【0084】図4(a)、(b)に示すように、対物レンズ16は、第1光ディスク20の記録/再生をする際には、倍率m1=0であるので平行光束が対物レンズ16に入射する。そして、第1分割面Sd1及び第3分割面Sd3を通過する第1光束及び第3光束は、第1光ディスクの情報記録面22上にほぼ結像する。このとき、第1光束及び第3光束によって情報記録面22上に形成されるビームスポットの波面収差が0.05λ1(rms)以下となる。したがって、第1光ディスクの記録/再生時には、第1光束及び第3光束が第1光ディスクの情報記録面22上に集光し、第1光ディスク20の記録/再生が行われる。

【0085】この対物レンズ16を、第1光ディスク20の記録/再生時の倍率m1で、第2光ディスク20'の情報記録面22'上に結像させると、図4(d)において破線で示すように、透明基板の厚さt1、t2の差により大きく球面収差が発生する。本実施の形態では、第2光ディスク20'の記録/再生時の倍率m2を、m1より小さくすることで、この大きく発生した球面収差を、図4(d)において実線で示すように、補正せるものである。

【0086】したがって、第2光ディスク20'の記録/再生をする際には(図4(c) (d)参照)、倍率m2<m1であるので発散光束が対物レンズ16に入射す

る。そして、第1光束(斜線で示す)は、第2光ディスク20'の情報記録面22'上にはほぼ結像する。このとき、第1光束によって情報記録面22'上に形成されるビームスポットの波面収差が0.07λ2(rms)以下となる。一方、第3光束(途中まで破線で示される)はフレアとして発生する。そのため、第2光ディスク20'の情報記録面22'上では、第1光束によって核が形成され、その周囲に第3光束によるフレアが発生したビームスポット形状となり、この核によって第2光ディスク20'の記録/再生が行われる。

【0087】このように、2領域対物レンズ16は、開口数NA3の位置に段差を設けたので、第2光ディスク20'の記録/再生の際には、この部分の球面収差(波面収差)が飛び、不連続となり、フレアの影響を減ずることができる。また、m2<m1としているので、第2光ディスク20'の記録/再生時に透明基板の厚さt1とt2の差により生じる球面収差を少なくすることができ、高NA化することができる。

【0088】なお、この2領域対物レンズ16においては、開口数NA3の位置の段差が、開口制限の役割を果たしており、

$$0.9NA2 < NA3 < 1.2NA2$$

の条件を満足することが好ましい。この下限を越えると、第2光ディスク20'の記録/再生時にスポット径を絞ることができない。また、上限を越えると、必要以上にスポット径が絞られてしまい、また、倍率m1と倍率m2との差が大きくなり正弦条件が大幅に変化してしまうため、軸外特性が悪化し、光ピックアップ装置10の組立精度が要求される。

【0089】さらに、2領域対物レンズ16において、第2光ディスク20'の記録/再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3(1)と、開口数NA3の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA3(3)と差δとすると(図4(d)参照)、

$$0.002mm < \delta < 0.010mm$$

の条件を満たすことが好ましい。この下限を越えると、第2光ディスク20'の記録/再生時においてスポットのサイドローブが増え、フォーカスエラー信号に非対称性がでるなどの問題が生じる。また、上限を越えると、

第1光ディスク20の記録/再生時と第2光ディスク20'の記録/再生時とでバランスをとることができず、良好に行うことができない。なお、この下限を越えた場合であっても、第2光ディスク20'の記録/再生時においてトラッキングに際し対物レンズ16と一緒に動く開口制限が行われれば、フォーカスエラー信号の非対称性は改善されるので、この下限はなくてもよい。なお、この差δの測定に関しては上述した3領域集光光学系と同じであるので省略する。

【0090】なお、本例では、第1分割面Sd1と第3

分割面 $S_d 3$ との境界に段差を設けたが、段差ではなく、所定の曲率半径の面で接続させてもよい。

【0091】また、本例では、対物レンズ16では、上述した遮蔽対物レンズとは異なり、境界領域で位相の飛び(δ)をコントロールすることができ、ピーク強度に関して、第1光ディスク20の記録／再生時と第2光ディスク20'の記録／再生時でバランスをとることができる。

【0092】以上説明した実施の形態においては、光源として、第1光ディスク20の記録／再生に使用する第1半導体レーザ11と、第2光ディスク20'の記録／再生に使用する第2半導体レーザ12とを用いた光ピックアップ装置10であるが、図5に示すように、第1半導体レーザ11のみ、すなわち、第1半導体レーザ11が第2半導体レーザ12を兼用し、第2光ディスク20'の記録／再生にも使用するようにしてもよい。

【0093】この光ピックアップ装置について若干の説明する。なお、上述した実施の形態と同様の機能、作用、部材に対しては同じ番号を付与し、その説明を省略することもある。

【0094】この光ピックアップ装置では、第1光源である第1半導体レーザ11と、光検出手段31と、上述した実施の形態における変更手段25及び非点収差発生素子27を兼用した平行平面板25、27と、をユニット41として一体化している。そして、このユニット41は、移動手段40によって移動可能に設けられている。また、1つの光源を用いて、第1光ディスク、第2光ディスクを記録／再生するので、第1の実施の形態から第2半導体レーザ12、合成手段19、平行平面板26、光検出手段32を省いている。

【0095】第1光ディスク記録／再生する場合は、第1半導体レーザ11から出射した光束(図5において2点鎖線で示す)は、ビームスプリッタ25、27によって光路を曲げられ、カップリングレンズ13によって平行光束とされ(この場合においても倍率 $m_1 = 0$ である)、絞り17によって絞られ、対物レンズ16によって第1光ディスクの透明基板を介して情報記録面上に集光される。そして、情報記録面で反射した光束は、再び集光光学系(対物レンズ16、カップリングレンズ13)を透過して、ビームスプリッタ25、27によって非点収差が付与され、光検出手段31に入射する。そして、光検出手段31から出力される信号を用いて、再生信号、フォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号を得る。

【0096】この光ピックアップ装置で第2光ディスクを記録／再生する場合、上述した実施の形態で説明したような倍率 m_2 となるように、移動手段40によってユニット41を移動させる(図5において、破線で示した位置)。そして、上述と同様にして第2光ディスクの記録／再生を行う。なお、図5において、1点鎖線は、第

2光ディスクを記録／再生する場合の第1半導体レーザ11から出射した光束のうち絞り17(後述)で絞られた最外光線を示している。

【0097】このようにこの光ピックアップ装置においては、1つの光源、1つの光検出手段で構成することができ、コンパクトな光ピックアップ装置とすることができる。なお、この光ピックアップ装置のように光源を移動させることではなく、カップリングレンズ13を移動させることにより、倍率 m_1 、 m_2 を変えるようにしてもよい。

【0098】なお、以上の説明においては、記録密度が高く第1光ディスクの透明基板の厚さ t_1 が、第1光ディスクよりも記録密度が低い第2光ディスクの透明基板の厚さ t_2 より薄いので $m_1 < m_2$ としたが、記録密度が高く第1光ディスクの透明基板の厚さ t_1 が、第1光ディスクよりも記録密度が低い第2光ディスクの透明基板の厚さ t_2 より厚い場合は、 $m_1 < m_2$ とすればよい。

【0099】

20 【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。なお、以下の各実施例において、カップリングレンズ13は設計を最適にすることにより、第1光ディスク20の情報記録面22に集光させる対物レンズ16へは無収差の平行光を入射できるレンズを使用することを前提に、対物レンズ16の光源側に配置される絞り17以降の構成を示す。したがって、近軸光学データを示す表においては、絞り17を第1面として、光の進行方向に従つて、ここから順に第i番目とし、光ディスクの情報記録面までを示す。また、rは光軸と交差する面の曲率半径を、dは第i番目の面と第i+1番目の面との間の距離を、nは使用する半導体レーザの光束の波長での屈折率を表している。因みに、符号は、光の進行方向を正とする。

【0100】また、以下の各実施例における非球面データを示す表においては、

【0101】

【数1】

$$X = (H^2/r) / \left[1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/r)^2} \right] + \sum_j A_j H^j$$

【0102】の非球面の式に基づくものとする。ただし、Xは光軸方向の軸、Hは光軸と垂直方向の軸、光の進行方向を正とし、Kは円錐係数、 A_j は非球面係数、 P_j は非球面のべき数である。

【0103】また、以下の各実施例における波面収差図は、最良波面収差が得られる位置にデフォーカスした状態で見たときを示している。

【0104】(実施例1) 実施例1は、3領域対物レンズ16を搭載した図1に示す光ピックアップ装置であつて、第1光ディスクとしてDVDを、第2光ディスクと

してCD (CD-Rの再生) を用いたものである。

* 【0106】

【0105】表2に近軸光学データを示す。

* 【表2】

メディア		D V D		CD、CD-R	
波長		635nm		780nm	
絞り径		$\phi 4.04$		$\phi 4.04$	
対物レンズの横倍率		$m1=0$		$m2=-0.02778$	
l	r	d 1	n 1	d 3	n 3
1	∞	0.00	1.0000	0.00	1.0000
2	2.114	2.20	1.5383	2.20	1.5336
3	-7.963	1.76	1.0000	1.48	1.0000
4	∞	0.60	1.5800	1.20	1.5500
5	∞		1.0000		1.0000

【0107】表3に非球面データを示す。

※【表3】

【0108】

※

非球面データ					
第2面 非球面	第1 非球面	0<H<1.401 (第1分割面) 1.566 \leq H (第3分割面)			
		$\kappa = -0.97770$			
		$A1 = 0.63761 \times 10^{-3}$	$P1 = 3.0$		
		$A2 = 0.36688 \times 10^{-3}$	$P2 = 4.0$		
		$A3 = 0.83511 \times 10^{-2}$	$P3 = 5.0$		
		$A4 = -0.37296 \times 10^{-2}$	$P4 = 6.0$		
		$A5 = 0.46548 \times 10^{-3}$	$P5 = 8.0$		
		$A6 = -0.43124 \times 10^{-4}$	$P6 = 10.0$		
		1.401 \leq H<1.566 (第2分割面)			
		$d2 = 2.1995$			
第2 非球面	第3 面	$\kappa = -0.13290 \times 10^1$			
		$A1 = 0.10694 \times 10^{-1}$	$P1 = 3.0$		
		$A2 = -0.21612 \times 10^{-1}$	$P2 = 4.0$		
		$A3 = 0.35177 \times 10^{-1}$	$P3 = 5.0$		
		$A4 = -0.14405 \times 10^{-1}$	$P4 = 6.0$		
		$A5 = 0.12913 \times 10^{-2}$	$P5 = 8.0$		
		$A6 = -0.86517 \times 10^{-4}$	$P6 = 10.0$		
		$\kappa = -0.24914 \times 10^2$			
		$A1 = 0.13775 \times 10^{-2}$	$P1 = 3.0$		
		$A2 = -0.41269 \times 10^{-2}$	$P2 = 4.0$		

【0109】なお、表3中の第2非球面の「 $d_2 = 2.1995$ 」とは、第2非球面(第2分割面)の形状を非球面形状の式に従って光軸まで延長したときの光軸との交点から次の面までの光軸上の間隔を表している。

【0110】図6(a)にD V D再生時の球面収差図

を、図6(b)にCD再生時の球面収差図を、図6

(c) にDVD再生時の波面収差図を、図6 (d) にCD再生時の波面収差図を示す。また、図7 (a) にDVD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を、図7 (b) にCD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を示す。なお、本実施例において、CDの記録／再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3

(1) と、開口数NA4の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA4 (3) と差 δ は、 $\delta = 0.0040\text{mm}$ である。

【0111】これらからわかるように、本実施例においては、DVDとCD (CD-R) とを良好に再生するこ*

メディア		DVD		CD、CD-R	
波長		635nm		780nm	
絞り径		$\phi 4.04$		$\phi 4.04$	
対物レンズの横倍率		m1=0		m2=-0.02778	
1	r	d1	n1	d3	n3
1	∞	0.00	1.0000	0.00	1.0000
2	2.114	2.20	1.5383	2.20	1.5336
3	-7.963	1.76	1.0000	1.48	1.0000
4	∞	0.60	1.5800	1.20	1.5500
5	∞		1.0000		1.0000

【0115】表5に非球面データを示す。

【0116】

*とができる。

【0112】(実施例2) 実施例2は、3領域対物レンズ16を搭載した図1に示す光ピックアップ装置であつて、第1光ディスクとしてDVDを、第2光ディスクとしてCD (CD-Rの再生) を用いたものである。なお、この3領域対物レンズは、第1分割面Sd1と第3分割面Sd3とに 2π の位相差を設けたものである。なお、この場合、波面収差のrms値を計算(測定)するには、位相差 $2n\pi$ をパラメータとして、rms値が最小となるnを用いて行う。

【0113】表4に近軸光学データを示す。

【0114】

【表4】

【表5】

非球面データ		
第2面	第1 非球面	0 < H < 1.401 (第1分割面)
		$d_1 = 2.200$
		$\kappa = -0.97770$
		$A_1 = 0.63761 \times 10^{-3}$ $P_1 = 3.0$
		$A_2 = 0.36688 \times 10^{-3}$ $P_2 = 4.0$
		$A_3 = 0.83511 \times 10^{-2}$ $P_3 = 5.0$
		$A_4 = -0.37296 \times 10^{-2}$ $P_4 = 6.0$
第2 非球面		$A_5 = 0.46548 \times 10^{-3}$ $P_5 = 8.0$
		$A_6 = -0.43124 \times 10^{-4}$ $P_6 = 10.0$
		1.401 <= H < 1.566 (第2分割面)
		$d_2 = 2.19975$
		$\kappa = -0.13290 \times 10^1$
		$A_1 = 0.10694 \times 10^{-1}$ $P_1 = 3.0$
		$A_2 = -0.21612 \times 10^{-1}$ $P_2 = 4.0$
第3 非球面		$A_3 = 0.35177 \times 10^{-1}$ $P_3 = 5.0$
		$A_4 = -0.14405 \times 10^{-1}$ $P_4 = 6.0$
		$A_5 = 0.12913 \times 10^{-2}$ $P_5 = 8.0$
		$A_6 = -0.86517 \times 10^{-4}$ $P_6 = 10.0$
		1.566 <= H (第3分割面)
		$d_3 = 2.2014$
		$\kappa = -0.97770$
第3面		$A_1 = 0.63761 \times 10^{-3}$ $P_1 = 3.0$
		$A_2 = 0.36688 \times 10^{-3}$ $P_2 = 4.0$
		$A_3 = 0.83511 \times 10^{-2}$ $P_3 = 5.0$
		$A_4 = -0.37296 \times 10^{-2}$ $P_4 = 6.0$
		$A_5 = 0.46548 \times 10^{-3}$ $P_5 = 8.0$
		$A_6 = -0.43124 \times 10^{-4}$ $P_6 = 10.0$
		$\kappa = -0.24914 \times 10^2$
		$A_1 = 0.13775 \times 10^{-2}$ $P_1 = 3.0$
		$A_2 = -0.41269 \times 10^{-2}$ $P_2 = 4.0$
		$A_3 = 0.21236 \times 10^{-1}$ $P_3 = 5.0$
		$A_4 = -0.13895 \times 10^{-1}$ $P_4 = 6.0$
		$A_5 = 0.16631 \times 10^{-2}$ $P_5 = 8.0$
		$A_6 = -0.12138 \times 10^{-3}$ $P_6 = 10.0$

【0117】なお、表5中の第2非球面の「 $d_2 = 2.19975$ 」とは、第2非球面（第2分割面）の形状を非球面形状の式に従って光軸まで延長したときの光軸との交点から次の面までの光軸上の間隔を表している。また、表5中の第3非球面の「 $d_3 = 2.2014$ 」とは、第3非球面（第3分割面）の形状を非球面形状の式に従って光軸まで延長したときの光軸との交点とから次の面までの光軸上の間隔を表している。

【0118】図8（a）にDVD再生時の球面収差図を、図8（b）にCD再生時の球面収差図を、図8（c）にDVD再生時の波面収差図を、図8（d）にCD再生時の波面収差図を示す。また、図9（a）にDVD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を、図9（b）にCD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を示す。なお、本実施例において、CDの

記録／再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3

（1）と、開口数NA4の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA4（3）と差 δ は、 $\delta = 0.0033\text{mm}$ である。

【0119】これらからわかるように、本実施例においては、DVDとCD（CD-R）とを良好に再生することができる。

40 【0120】（実施例3）実施例3は、3領域対物レンズ16を搭載した図1に示す光ピックアップ装置であって、第1光ディスクとしてDVDを、第2光ディスクとしてLDを用いたものである。

【0121】表6に近軸光学データを示す。

【0122】

【表6】

メディア		DVD		LD	
波長		635nm		780nm	
絞り径		$\phi 4.04$		$\phi 4.04$	
対物レンズの横倍率		$m_1=0$		$m_2=-0.029$	
l	r	d ₁	n ₁	d ₂	n ₂
1	∞	0.00	1.0000	0.00	1.0000
2	2.114	2.20	1.5383	2.20	1.5336
3	-7.963	1.76	1.0000	1.42	1.0000
4	∞	0.60	1.5800	1.25	1.4862
5	∞		1.0000		1.0000

【0123】表7に非球面データを示す。

*【表7】

【0124】*

非球面データ							
第2面 非球面	0 < H < 1.512 (第1分割面)						
	1.747 \leq H (第3分割面)						
	$\kappa = -0.97770$						
	$A_1 = 0.63761 \times 10^{-3}$		$P_1 = 3.0$				
	$A_2 = 0.36688 \times 10^{-3}$		$P_2 = 4.0$				
	$A_3 = 0.83511 \times 10^{-2}$		$P_3 = 5.0$				
	$A_4 = -0.37296 \times 10^{-2}$		$P_4 = 6.0$				
第2 非球面	$A_5 = 0.46548 \times 10^{-3}$				$P_5 = 8.0$		
	$A_6 = -0.43124 \times 10^{-4}$				$P_6 = 10.0$		
	1.512 \leq H < 1.747 (第2分割面)						
	$d_2 = 2.1996$						
	$\kappa = -0.97633$						
	$A_1 = 0.58178 \times 10^{-3}$		$P_1 = 3.0$				
	$A_2 = 0.38447 \times 10^{-3}$		$P_2 = 4.0$				
第3面	$A_3 = 0.83731 \times 10^{-2}$				$P_3 = 5.0$		
	$A_4 = -0.37151 \times 10^{-2}$				$P_4 = 6.0$		
	$A_5 = 0.46882 \times 10^{-3}$				$P_5 = 8.0$		
	$A_6 = -0.43010 \times 10^{-4}$				$P_6 = 10.0$		
	$\kappa = -0.24914 \times 10^{-2}$						
	$A_1 = 0.13775 \times 10^{-2}$		$P_1 = 3.0$				
	$A_2 = -0.41269 \times 10^{-2}$		$P_2 = 4.0$				

【0125】なお、表7中の第2非球面の「 $d_2 = 2.1996$ 」とは、第2非球面(第2分割面)の形状を非球面形状の式に従って光軸まで延長したときの光軸との交点から次の面までの光軸上の間隔を表している。

【0126】図10(a)にDVD再生時の球面収差図

を、図10(b)にLD再生時の球面収差図を、図10(c)にDVD再生時の波面収差図を、図10(d)にLD再生時の波面収差図を示す。また、図11(a)にDVD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を、図11(b)にLD再

生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を示す。なお、本実施例において、LDの記録／再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3(1)と、開口数NA4の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA4(3)と差 δ は、 $\delta = 0.0066\text{mm}$ である。

【0127】これらからわかるように、本実施例において

*では、DVDとLDとを良好に再生することができる。

【0128】(実施例4)実施例4は、3領域対物レンズ16を搭載した図5に示す光ピックアップ装置であつて、第1光ディスクとしてDVDを、第2光ディスクとしてMOを用いたものである。

【0129】表8に近軸光学データを示す。

【0130】

【表8】

メディア		DVD		MO	
波長		635nm		635nm	
絞り径		$\phi 4.04$		$\phi 4.04$	
対物レンズの横倍率		$m1=0$		$m2=-0.0023$	
I	r	d1	n1	d2	n2
1	∞	0.00	1.0000	0.00	1.0000
2	2.114	2.20	1.5383	2.20	1.5383
3	-7.963	1.76	1.0000	1.41	1.0000
4	∞	0.60	1.5800	1.20	1.4901
5	∞		1.0000		1.0000

【0131】表9に非球面データを示す。

20 【表9】

【0132】

非球面データ		
第2面 非球面	0 < H < 1.411 (第1分割面)	
	1.747 ≤ H (第3分割面)	
	$\kappa = -0.97770$	
	$A_1 = 0.63761 \times 10^{-3}$	$P_1 = 3.0$
	$A_2 = 0.36688 \times 10^{-3}$	$P_2 = 4.0$
	$A_3 = 0.83511 \times 10^{-2}$	$P_3 = 5.0$
	$A_4 = -0.37296 \times 10^{-2}$	$P_4 = 6.0$
	$A_5 = 0.46548 \times 10^{-3}$	$P_5 = 8.0$
	$A_6 = -0.43124 \times 10^{-4}$	$P_6 = 10.0$
	1.411 ≤ H < 1.747 (第2分割面)	
第2 非球面	$d_2 = 2.1997$	
	$\kappa = -0.97337$	
	$A_1 = 0.57492 \times 10^{-3}$	$P_1 = 3.0$
	$A_2 = 0.42381 \times 10^{-3}$	$P_2 = 4.0$
	$A_3 = 0.84030 \times 10^{-2}$	$P_3 = 5.0$
	$A_4 = -0.36994 \times 10^{-2}$	$P_4 = 6.0$
	$A_5 = 0.47050 \times 10^{-3}$	$P_5 = 8.0$
	$A_6 = -0.43823 \times 10^{-4}$	$P_6 = 10.0$
	$\kappa = -0.24914 \times 10^2$	
	$A_1 = 0.13775 \times 10^{-2}$	$P_1 = 3.0$
第3面	$A_2 = -0.41269 \times 10^{-2}$	$P_2 = 4.0$
	$A_3 = 0.21236 \times 10^{-1}$	$P_3 = 5.0$
	$A_4 = -0.13895 \times 10^{-1}$	$P_4 = 6.0$
	$A_5 = 0.16631 \times 10^{-2}$	$P_5 = 8.0$
	$A_6 = -0.12138 \times 10^{-3}$	$P_6 = 10.0$

【0133】なお、表9中の第2非球面の「 $d_2 = 2.1997$ 」とは、第2非球面（第2分割面）の形状を非球面形状の式に従って光軸まで延長したときの光軸との交点から次の面までの光軸上の間隔を表している。

【0134】図12（a）にDVD再生時の球面収差図を、図12（b）にMO再生時の球面収差図を、図12（c）DVD再生時の波面収差図を、図12（d）にMO再生時の波面収差図を示す。また、図13（a）にDVD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を、図13（b）にMO再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を示す。なお、本実施例において、MOの記録／再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3

（1）と、開口数NA4の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA4（3）と差 δ は、 $\delta = 0.0086\text{ mm}$ である。

【0135】これらからわかるように、本実施例においては、DVD、MOの2つの光ディスクを良好に再生することができる。

【0136】（実施例5）実施例5は、2領域対物レンズ16を搭載した図1に示す光ピックアップ装置であつて、第1光ディスクとしてDVDを、第2光ディスクとしてCDを用いたものである。

【0137】表10に近軸光学データを示す。

【0138】

【表10】

メディア		D V D		C D	
波長		635nm		780nm	
絞り径		$\phi 4.04$		$\phi 4.04$	
対物レンズの横倍率		m1=0		m2= -0.0350	
l	r	d 1	n 1	d 2	n 2
1	∞	0.00	1.0000	0.00	1.0000
2	2.114	2.20	1.5383	2.20	1.5336
3	-7.963	1.76	1.0000	1.51	1.0000
4	∞	0.60	1.5800	1.20	1.5500
5	∞		1.0000		1.0000

【0139】表11に非球面データを示す。

*【表11】

【0140】*

非球面データ					
第2面	第1 非球面	0 < H < 1.546 (第1分割面)			
		$\kappa = -0.97770$			
		$A_1 = 0.63761 \times 10^{-3}$	$P_1 = 3.0$		
		$A_2 = 0.36688 \times 10^{-3}$	$P_2 = 4.0$		
		$A_3 = 0.83511 \times 10^{-2}$	$P_3 = 5.0$		
		$A_4 = -0.37296 \times 10^{-2}$	$P_4 = 6.0$		
		$A_5 = 0.46548 \times 10^{-3}$	$P_5 = 8.0$		
		$A_6 = -0.43124 \times 10^{-4}$	$P_6 = 10.0$		
第2 非球面		1.546 <= H (第3分割面)			
		$d_2 = 2.20$			
		$\kappa = -0.97360$			
		$A_1 = 0.59171 \times 10^{-3}$	$P_1 = 3.0$		
		$A_2 = 0.42368 \times 10^{-3}$	$P_2 = 4.0$		
		$A_3 = 0.82878 \times 10^{-2}$	$P_3 = 5.0$		
		$A_4 = -0.37523 \times 10^{-2}$	$P_4 = 6.0$		
第3面		$A_5 = 0.48773 \times 10^{-3}$	$P_5 = 8.0$		
		$A_6 = -0.46503 \times 10^{-4}$	$P_6 = 10.0$		
		$\kappa = -0.24914 \times 10^2$			
		$A_1 = 0.13775 \times 10^{-2}$	$P_1 = 3.0$		
		$A_2 = -0.41269 \times 10^{-2}$	$P_2 = 4.0$		
		$A_3 = 0.21236 \times 10^{-1}$	$P_3 = 5.0$		
		$A_4 = -0.13895 \times 10^{-1}$	$P_4 = 6.0$		

【0141】なお、表11中の第2非球面の「 $d_2 = 2.20$ 」とは、第2非球面（第2分割面）の形状を非球面形状の式に従って光軸まで延長したときの光軸との交点とから次の面までの光軸上の間隔を表している。

【0142】図14（a）にD V D再生時の球面収差図を、図14（b）にC D再生時の球面収差図を、図14

（c）にD V D再生時の波面収差図を、図14（d）にC D再生時の波面収差図を示す。また、図15（a）にD V D再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を、図15（b）にC D再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を示す。なお、本実施例において、

CDの記録／再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3(1)と、開口数NA3の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA3(3)と差δは、 $\delta = 0.0012\text{ mm}$ である。

【0143】これらからわかるように、本実施例においては、DVDとCDとを良好に再生することができる。*

*【0144】(実施例6) 実施例6は、遮蔽対物レンズ16を搭載した図1に示す光ピックアップ装置であつて、第1光ディスクとしてDVDを、第2光ディスクとしてCDを用いたものである。

【0145】表12に近軸光学データを示す。

【0146】

【表12】

メディア		DVD		CD	
波長		635nm		780nm	
絞り径		$\phi 4.04$		$\phi 4.04$	
対物レンズの横倍率		$m1=0$		$m2=-0.0267$	
l	r	d1	n1	d2	n2
1	∞	0.00	1.0000	0.00	1.0000
2	2.114	2.20	1.5383	2.20	1.5336
3	-7.963	1.76	1.0000	1.48	1.0000
4	∞	0.60	1.5800	1.20	1.5500
5	∞		1.0000		1.0000

【0147】表13に非球面データを示す。

【0148】

※【表13】

※20

非球面データ					
第2面	第1 非球面	0 < H < 1.546 (第1分割面) 1.680 ≤ H (第3分割面)			
		$\kappa = -0.97770$	$A1 = 0.63761 \times 10^{-3}$	$P1 = 3.0$	
		$A2 = 0.36688 \times 10^{-3}$	$P2 = 4.0$		
		$A3 = 0.83511 \times 10^{-2}$	$P3 = 5.0$		
		$A4 = -0.37296 \times 10^{-2}$	$P4 = 6.0$		
		$A5 = 0.46548 \times 10^{-3}$	$P5 = 8.0$		
		$A6 = -0.43124 \times 10^{-4}$	$P6 = 10.0$		
第3面					
		$\kappa = -0.24914 \times 10^2$	$A1 = 0.13775 \times 10^{-2}$	$P1 = 3.0$	
		$A2 = -0.41269 \times 10^{-2}$	$P2 = 4.0$		
		$A3 = 0.21236 \times 10^{-1}$	$P3 = 5.0$		
		$A4 = -0.13895 \times 10^{-1}$	$P4 = 6.0$		
		$A5 = 0.16631 \times 10^{-2}$	$P5 = 8.0$		
		$A6 = -0.12138 \times 10^{-3}$	$P6 = 10.0$		

【0149】図16(a)にDVD再生時の球面収差図を、図16(b)にCD再生時の球面収差図を、図16(c)にDVD再生時の波面収差図を、図16(d)にCD再生時の波面収差図を示す。また、図17(a)にDVD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を、図17(b)にCD再生時の最良のスポット形状が得られたときの集光スポットの相対強度分布図を示す。なお、本実施例において、

CDの記録／再生時における開口数NA3の位置の第1分割面Sd1を通過する光線に発生する球面収差量SA3(1)と、開口数NA4の位置の第3分割面Sd3を通過する光線に発生する球面収差量SA4(3)と差δは、 $\delta = 0.0034\text{ mm}$ である。

【0150】これらからわかるように、本実施例においては、DVDとCDとを良好に再生することができる。

【0151】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、1つの集光光学系で透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体を記録／再生することができるとともに、高NA化に対応でき、しかも、高NAの第2光ディスクに対応させても、第1光ディスクの記録／再生時をも良好に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図2】3領域集光光学系による光ディスクの記録／再生時における模式図及び球面収差図である。

【図3】遮蔽集光光学系による光ディスクの記録／再生時における模式図及び球面収差図である。

【図4】2領域集光光学系による光ディスクの記録／再生時における模式図及び球面収差図である。

【図5】光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図6】実施例1の球面収差図及び波面収差図である。

【図7】実施例1の集光スポットの相対強度分布図である。

【図8】実施例2の球面収差図及び波面収差図である。

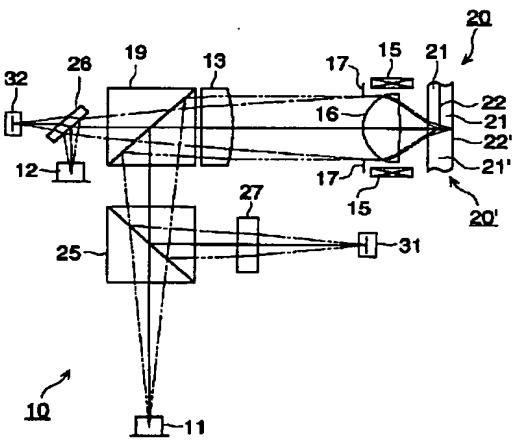
【図9】実施例2の集光スポットの相対強度分布図である。

【図10】実施例3の球面収差図及び波面収差図である。

【図11】実施例3の集光スポットの相対強度分布図である。

【図12】実施例4の球面収差図及び波面収差図である。

【図1】



【図13】実施例4の集光スポットの相対強度分布図である。

【図14】実施例5の球面収差図及び波面収差図である。

【図15】実施例5の集光スポットの相対強度分布図である。

【図16】実施例6の球面収差図及び波面収差図である。

【図17】実施例6の集光スポットの相対強度分布図である。

【符号の説明】

10	光ピックアップ装置
11	第1光源
12	第2光源
13	カップリングレンズ
15	2次元アクチュエータ
16	対物レンズ
17	絞り
19	ダイクロイックプリズム
20	第1光ディスク
20'	第2光ディスク
21, 21'	透明基板
22, 22'	情報記録面
25, 26	ビームスプリッタ
31, 32	光検出手段
40	移動手段

20

21, 21'

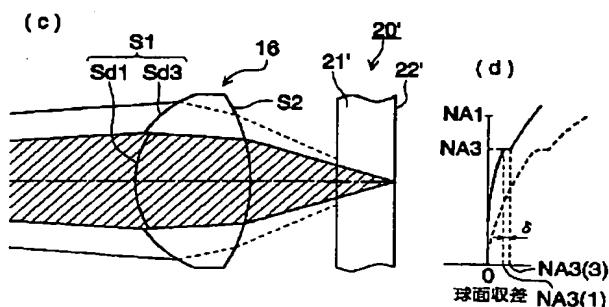
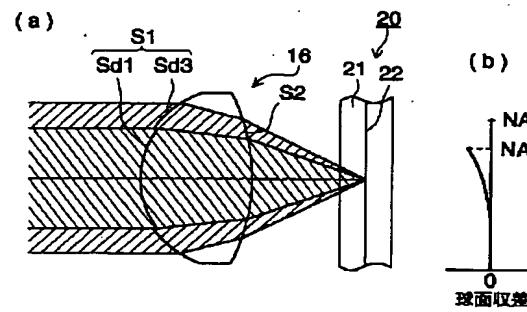
22, 22'

25, 26

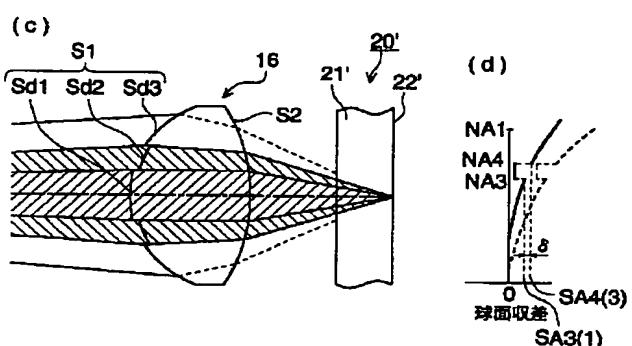
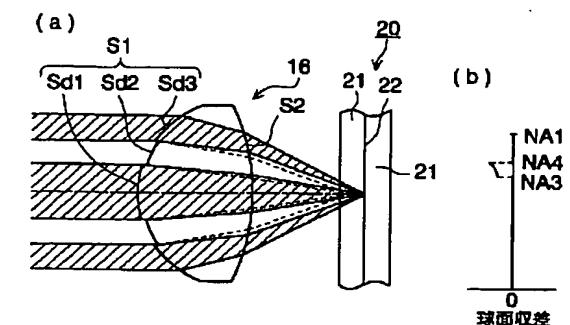
31, 32

40

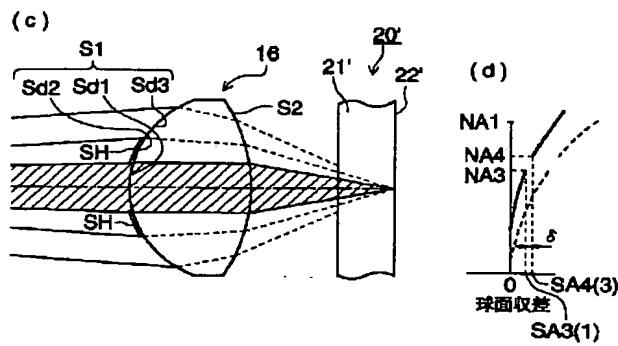
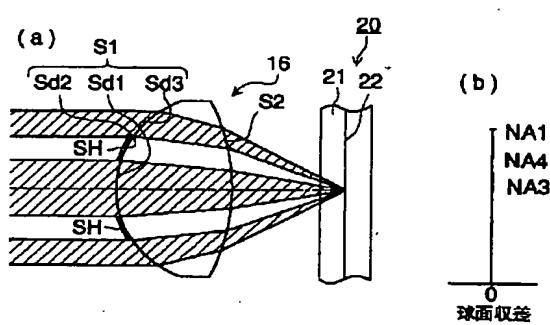
【図4】



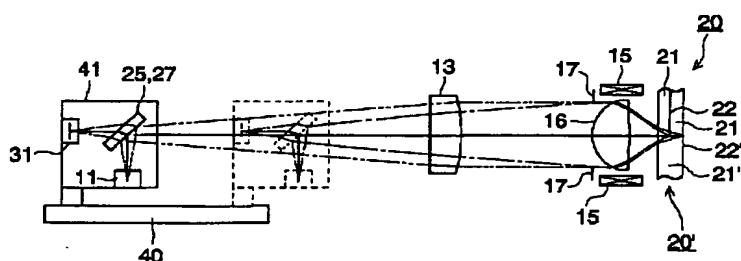
【図2】



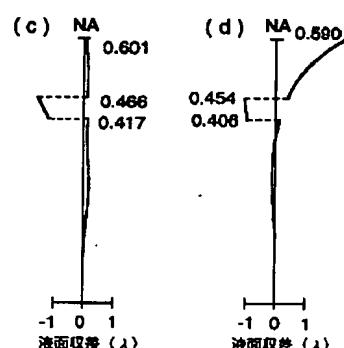
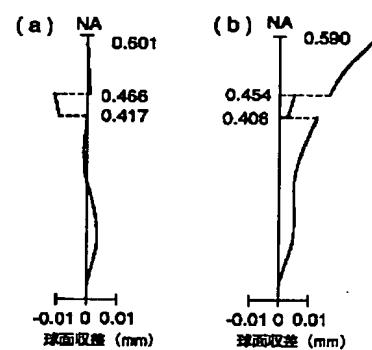
【図3】



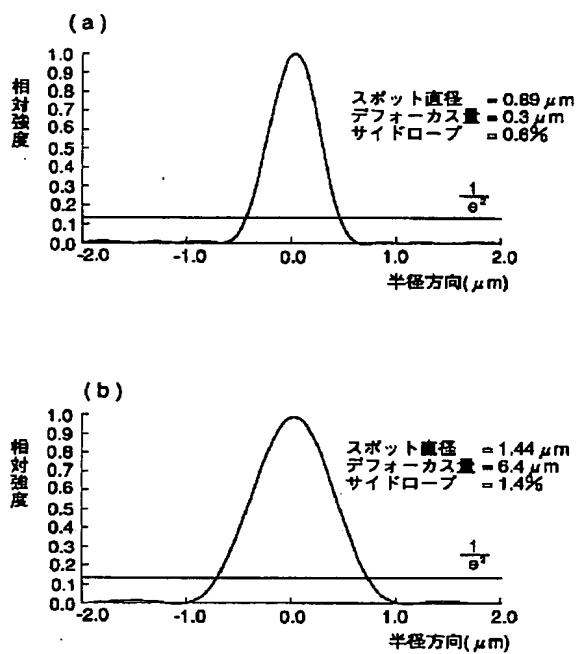
【図5】



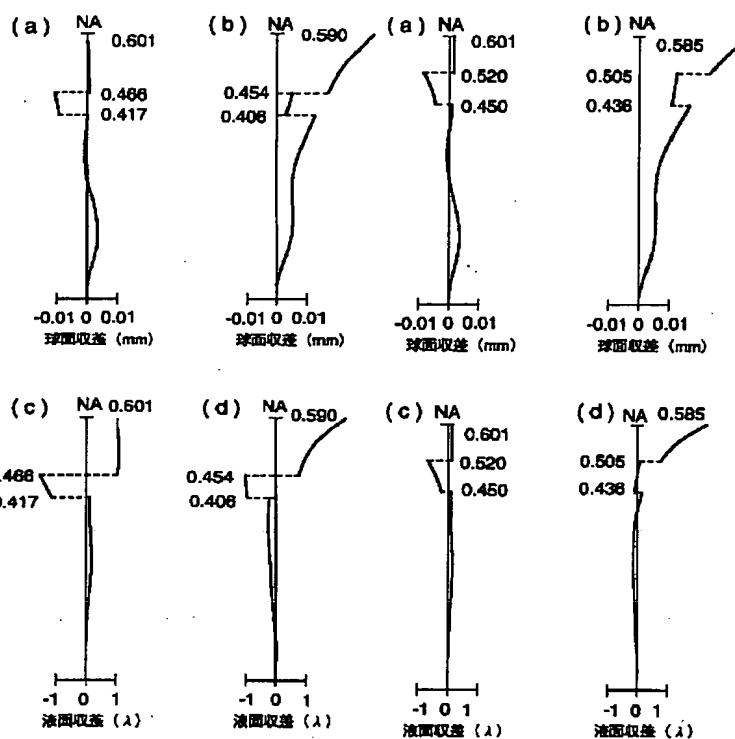
【図6】



【図7】

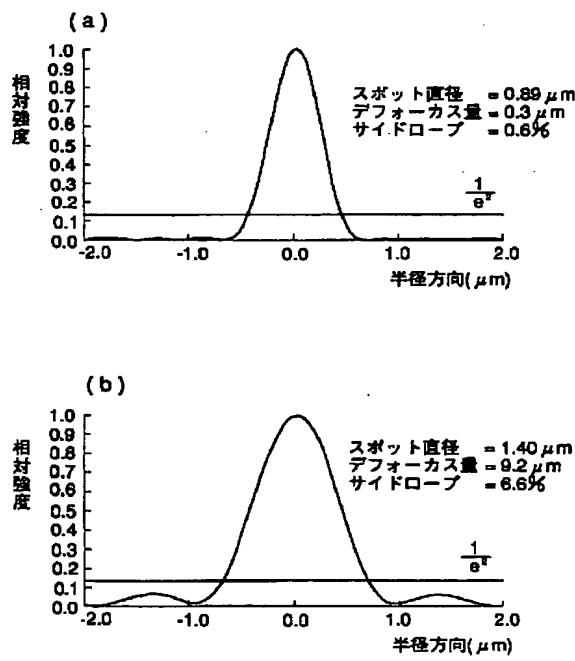


【図8】

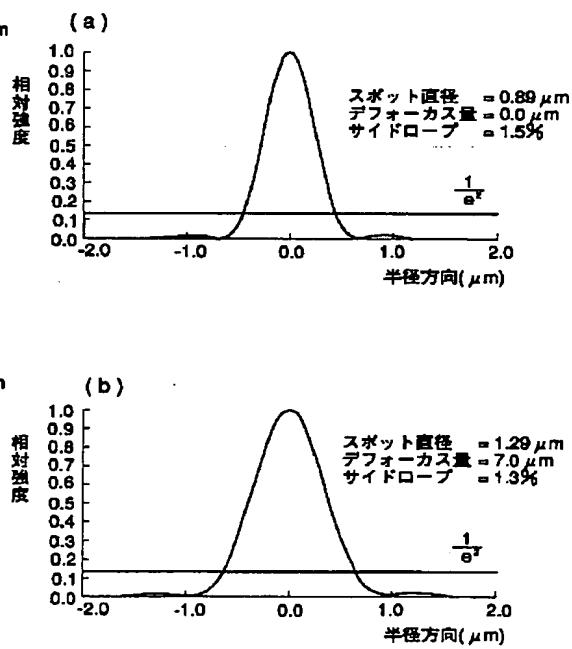


【図10】

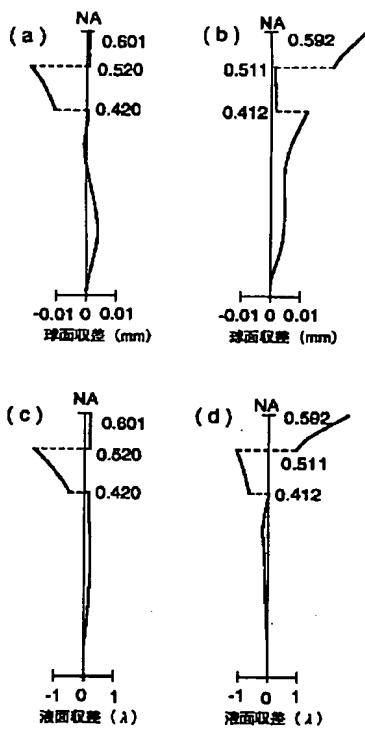
【図9】



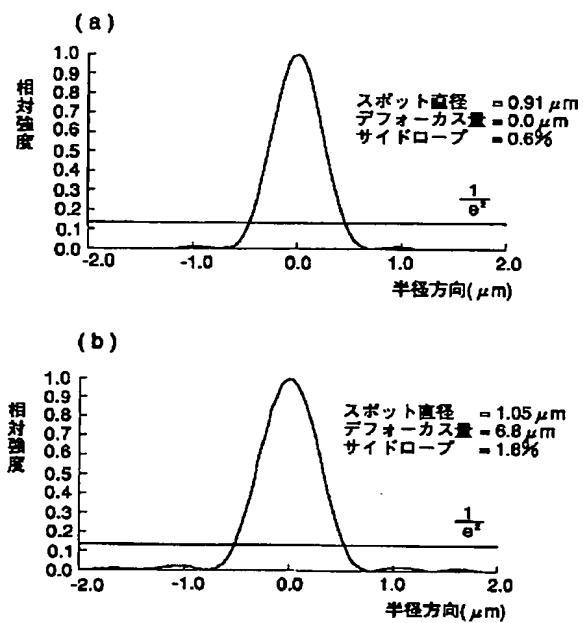
【図11】



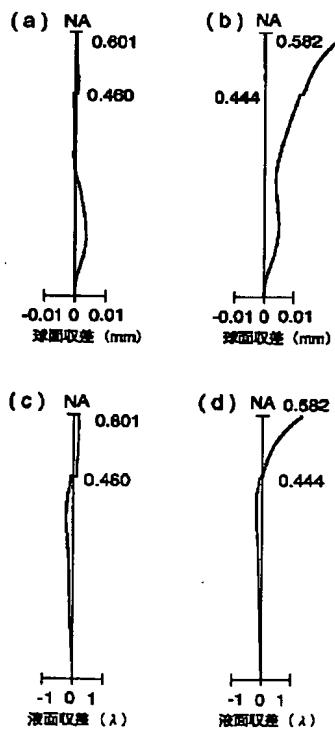
【図12】



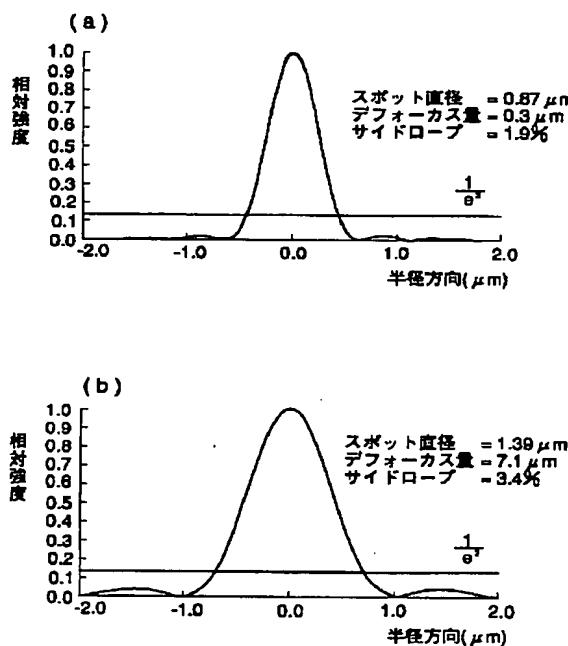
【図13】



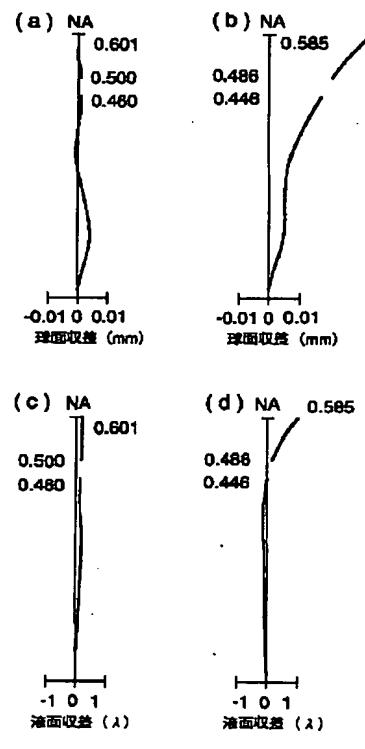
【図14】



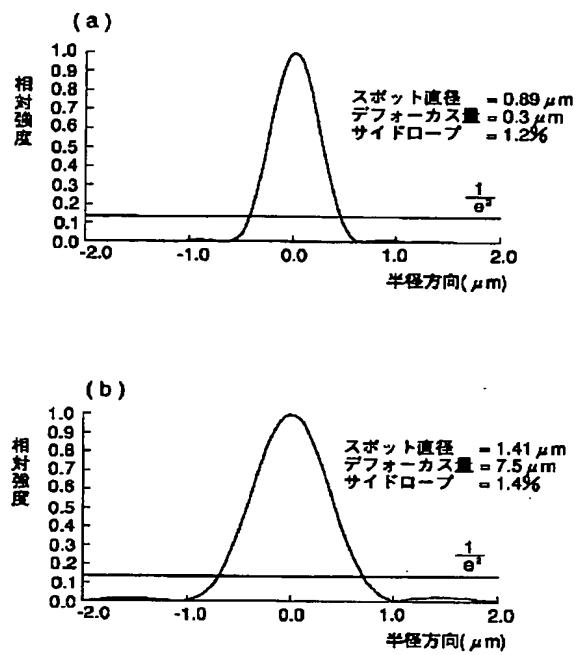
【図15】



【図16】



【図17】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.